

シールド切開き部における近接施工の影響に関する検討

首都高速道路(株) 正会員 長田 光正

日本シビックコンサルタント(株) 正会員 蘭 康則

日本シビックコンサルタント(株) 正会員 関 直子

首都高速中央環状線の山手トンネルにおいては、シールド切開き工法により分合流部を構築している。シールド切開き部は、道路トンネルでは新たな構造であることから、開削工事が近接して施工される際に受ける影響について、解析による検討を行った。

1. 本検討の目的

建築物工事等が近接して施工される場合を想定し、既設構造物の応力度照査等の詳細な検討が必要と判断する際の、既設構造物に生じる変位量の閾値を定めるため、解析を用いた検討を行った。

2. 検討対象及び解析方法等

既設構造物としてはシールド切開き部を対象とし、代表的な3断面（図-1 参照）を対象に横断方向の検討を行った。近接工事としては、建築物工事等で一般的な開削工事を対象とし、掘削深さは地下3階程度の規模を想定し15mとした。構造物との離隔は、小さいほど構造物に与える影響が大きいことから、現況の最近接位置を参考に2mとした。構造物軸直角方向の掘削幅については、後述と同様の解析方法を用いた事前検討において、現況の最大値70mと最小値10mの2ケースを比較した。70mの場合は変位が広範囲に生じるのに対し、10mの場合は変位が生じる範囲が狭く構造物に局所的な変形が生じ、発生応力が大きくなる傾向があったことから、掘削幅は10mとした。解析には、近接影響検討に使用されることが多い2次元線形FEM解析を用い、地盤を平面ひずみ要素、構造物を梁要素でモデル化した。モデル領域は、開削幅の中心を対象軸とした半断面とし、シールド工法による地盤変状予測に関する文献¹⁾等を参考に、側方境界（左端）と構造物の離れは、構造物底面の深さ以上、底面境界と構造物の離れは構造高以上を確保した（図-2 参照）。境界条件については、側方境界は、鉛直を自由とし水平を固定、底面境界は、鉛直を固定とし水平を自由とした。地盤については、比較的軟弱な地盤1と比較的硬質な地盤2の2ケースとした。地盤の解析定数は、構造物の変位が大きくなる開削工事近傍の着目部においては、地盤ひずみが大きくなることを念頭に置き、実構造物の土層を参考に、表-1

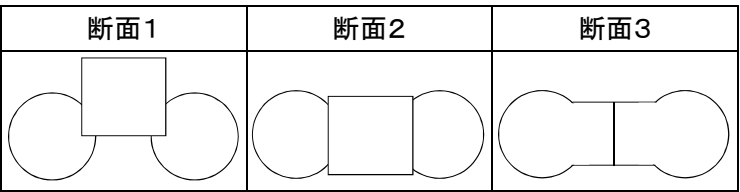


図-1 検討対象の構造物断面形状

表-1 解析に用いた地盤定数

	N値	変形係数	湿潤密度	ポアソン比
地盤1	4	5500 kN/m ²	14 kN/m ³	0.45
地盤2	50以上	80000 kN/m ²	19 kN/m ³	0.30

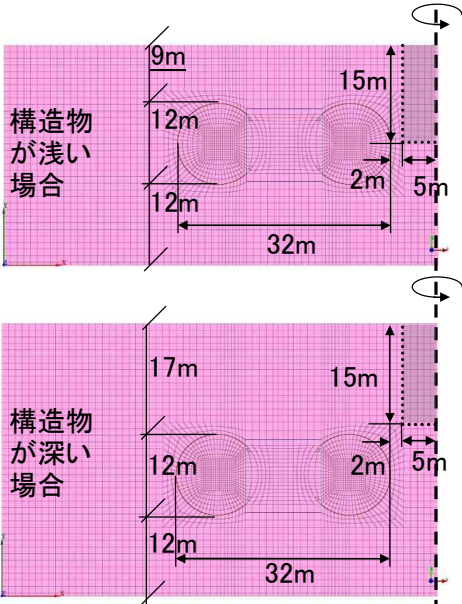


図-2 解析モデルの例

キーワード シールド切開き、近接施工、影響検討、解析、山手トンネル

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路(株)技術部技術推進課 TEL03-3539-9464

のように設定した。なお、実際の地盤は、硬質地盤の上に軟質地盤が積層されているため、実地盤を模して2層地盤のケースについても検討を行い、上記のケースとすることで安全側の検討が行えることを確認している。構造物の土被りについては、山手トンネル全線において、0.5D～2.0D程度である。その中で、土留め変位が最大となる開削底面位置が、構造物の斜め45°の位置に近接する0.75Dをトンネル位置が浅いケース、構造物の真横に近接する1.4Dをトンネル位置が深いケースとし、2ケースについて検討を行った(図-2参照)。開削工事による影響として、解析モデルの掘削側面に山留変位を強制変位として与え、掘削底面に除去した土の重量に相当する荷重を上向きに載荷した。開削工事の山留変位は、掘削底面位置に50mm(都市部における一般的な許容値)の最大変位が生じ、山留上下端で変位を0mmとする直線分布を仮定した。なお、変位分布を上記のように簡略化しても、影響が少ないことを確認している。

3. 構造物に発生する応力の評価

山手トンネルのシールド切開き部においては、最大発生応力が許容応力度の95%以内に収まるように設計されており、5%の余裕があることから、近接施工により構造物に発生する応力が、許容応力度の5%以下であれば、構造物が受ける影響は小さいと考えた。近接施工により構造物に発生する応力が、許容応力度の5%に達する際の構造物変位(以下、許容変位とする)を、以下の手順で算出した。①上記2.による山留の強制変位等を解析モデルに与え、構造物に発生する最大応力と、構造物の最大変位を算出。②上記①の最大応力と最大変位から、線形を仮定して構造物の許容変位を以下のように算出。

$$\text{構造物の許容変位} = \text{上記①の構造物最大変位} \times \frac{\text{構造物の許容応力度} \times 0.05}{\text{上記①の構造物の最大応力}}$$

4. 解析結果

各種条件における許容変位量を表-2に示す。また、変位図の例を図-3に示す。表-2より、許容変位量は、比較的軟弱な地盤1において約12～23mm、比較的硬質な地盤2において約2.5～3mm程度で、地盤2の方が許容変位量が小さい結果であった。構造形式、構造物の深さによる許容変位量への影響は比較的小さく、地盤条件による影響が支配的であった。図-3より、地盤2においては、構造物の変位量は地盤1と比べて小さいものの、構造物の変形が大きい。地盤2の方が構造物の許容変位量が小さいのは、地盤と構造物の剛性のバランスにより、構造物の変形が生じ易いためと考えられる。

5. まとめ

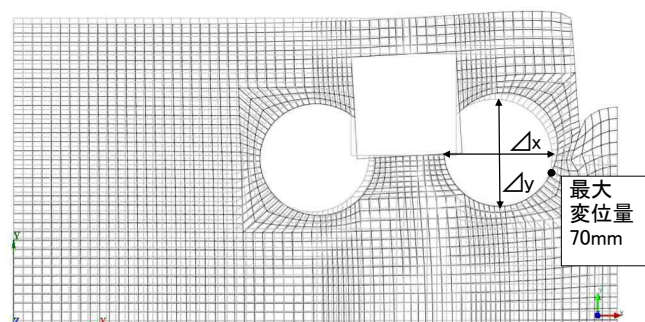
上記の検討結果から、既設構造物がシールド切開き部の場合、開削工事の近接施工の影響が小さいと判断できるのは、既設構造物の変位が約3mm程度までと考えられる。なお、本検討結果は、今後の実施工における計測結果等を分析し、検証していきたいと考えている。

参考文献

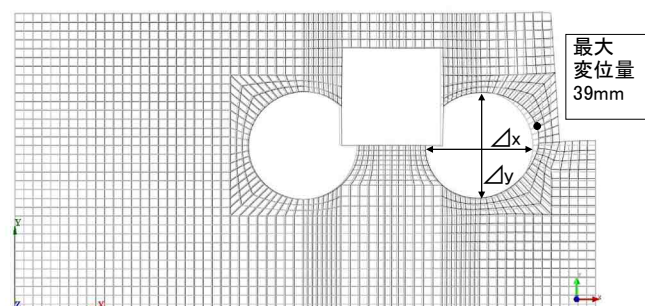
1) 小山昭, 釧持芳輝, 小野雄一郎, 團昭博, 斉藤正幸: シールド掘進に伴う地盤変位解析, 土木学会トンネル工学報告集第15巻, pp. 273-279, 2005. 12

表-2 各種条件における構造物の許容変位

地盤条件	構造物深さ	断面形状		
		断面1	断面2	断面3
地盤1	浅い	14.2mm	13.2mm	12.8mm
	深い	19.3mm	21.1mm	19.3mm
地盤2	浅い	2.9mm	2.9mm	2.9mm
	深い	3.4mm	3.4mm	3.6mm



地盤1(比較的軟弱)の例
(変形量: $\Delta x = -2.6\text{mm}$, $\Delta y = -2.8\text{mm}$)



地盤2(比較的硬質)の例
(変形量: $\Delta x = 20.7\text{mm}$, $\Delta y = -16.1\text{mm}$)

図-3 変位図の例